7M

УДК 681.335:004.891

Т.Л. Мазурок
Одесский национальный политехнический университет, г. Одесса, Украина
mazurok62@mail.ru

Управление взаимодействием агентов в системе электронного обучения

В статье рассматривается проблема управления обучением на основе многоагентного подхода. Предлагается объединение нейросетевых и эволюционных средств реализации интеллектуального преобразователя в схеме управления обучением с учётом системы межпредметных связей в условиях компетентностного обучения.

Введение

Актуальность. Широкое распространение различных форм электронного обучения в современном образовании, рост их популярности среди обучаемых свидетельствуют о значительных преимуществах компьютерных средств. Однако анализ практического опыта использования средств электронного обучения показал, что дальнейшее повышение эффективности систем электронного обучения связано с существенным усовершенствованием системы управления обучением (СУО) [1]. Функции современных СУО ограничиваются технологическими аспектами. В то же время дидактические требования определяют необходимость развития адаптивных функций СУО, которые основываются на всестороннем учёте индивидуальных характеристик обучаемых – от постановки цели до её достижения в соответствии с оптимальным планом.

Реализация отдельных функциональных элементов обучения в виде моделей управления обучением отдельными учебными дисциплинами, которое подчинено достижению общей цели – формированию определённой системы компетенций, связано с необходимостью разработки моделей их взаимодействия для автоматизации формирования индивидуальных траекторий обучения. Такая постановка задачи создаёт объективные предпосылки для использования агентно-ориентированного подхода при создании СУО. Разработка моделей и методов, составляющих основу автоматизированной СУО, представляет собой проблему, требующую постоянного совершенствования, поэтому является **актуальной** и **нерешённой**.

Целью работы является разработка моделей и методов взаимодействия между агентами – участниками процесса обучения – как основа его интеллектуального управления. За счёт оптимизации соотношения между централизованным и децентрализованным управлением достигается эффект самоорганизации персонализированного обучения в электронных средах.

Постановка задачи

Интеллектуальные мультиагентные системы (МАС) – одно из относительно новых и перспективных направлений искусственного интеллекта, которое сформировалось на основе результатов исследований в области распределённых компьютерных систем, сетевых технологий решения проблем и параллельных вычислений. В МАС заложен принцип автономности отдельных частей программы (агентов), совместно функционирующих в распределённой системе, где одновременно протекает множество взаимосвязанных процессов.

Особый вклад в развитие агентно-ориентированного подхода внесли такие известные учёные, как Д.А. Поспелов, М.Л. Цетлин, М.М. Бонгард. Большой вклад внесли также учёные: В.Г. Редько, В.И. Городецкий, В.Б. Тарасов, Э.А. Трахтенгерц и др. Отдельные аспекты применения агентного подхода рассмотрены в работах И.А. Чмыря, О.П. Мосалова, П.П. Кибякова и др. Применение агентного подхода в обучении рассмотрено в работах В.Б. Тарасова, О.И. Федяева, В.Б. Репки, Т.Б. Шатовской и др. Однако наименее исследованным вопросом является моделирование коллективной работы агентов на основе самоорганизации в качестве устойчивого механизма формирования коллективного поведения. Особую актуальность приобретает решение данной задачи в применении к обучению как целенаправленному процессу формирования системы компетенций на основе скоординированного и согласованного учёта межпредметных связей между изучаемыми учебными дисциплинами.

Одним из эффективных направлений решения данной задачи является применение нейронных сетей для реализации МАС. Коннекционистские архитектуры позволяют создавать самообучающихся агентов. Особенно перспективным является применение сетей с обратными связями и нечёткие искусственные нейронные сети (ИНС) [2].

Для реализации управления взаимодействием агентов в условиях любой из форм электронного обучения, содержащей СУО, необходимо проанализировать структуру МАС с выделением функций каждого из агентов, типы взаимодействий между основными участниками процесса обучения при достижении общей цели, построить модели этих взаимодействий, методы выработки коллективных управляющих воздействий как элементов построения индивидуализированных траекторий обучения.

Решение поставленной задачи

Формальная модель управления обучением. Рассмотрим модель обучения как управляемого целенаправленного процесса. Моделирование учебного процесса, с указанной точки зрения, основывается на построении формальной системы. Как известно, формальная система представляет собой математическую модель, задающую множество дискретных объектов путём описания исходных объектов и правил построения новых объектов из исходных и уже построенных [3]. Алфавит формальной системы управления обучением состоит из множества учебных элементов (УЭ). Исходным объектом является состояние модели обучаемого, в которой определено текущее положение траектории обучения. Правилами являются логические процедуры, на основе которых определяется очередной учебный элемент. Формальное описание является необходимым этапом автоматизации любой деятельности, поэтому является важным и определяющим.

При рассмотрении управления как процесса формирования последовательностей перевода системы из состояния x_i в состояние x_{i+1}, в результате реализации управляющего воздействия (УВ) из множества U_i, основными составляющими элементами формальной системы управления являются следующие:

1. Процесс управления можно представить в виде системы $\Im$, которая содержит множество элементов и отношений между ними; система управления состоит из множеств $U = \{U_1, U_2, \dots, U_m\}$, где m – общее количество УВ за весь период от исходной ситуации до целевой; множества внутренних состояний объекта управления (ОУ) (входных и выходных) $X = \{x_1, x_2, \dots, x_k\}$, множества параметров внутренних состояний

ОУ $P = \{P_1, P_2, \ldots, P_n\}$, множества целевых состояний $C = \{c_1, c_2, \ldots, c_l\}$. Перечисленные множества представляют алфавит языка теории процесса управления как формальной системы.

2. Подмножество формул, являющихся аксиомами, каждая из которых имеет вид корреспонденции отношений

$$f^{-1}\left(M_i^c\right) \xrightarrow{\text{Kor}} M_i, \qquad (1)$$

где M_i – модель состояний ядра предметной области, которая включает наиболее существенные подмножества объектов и отношения между их элементами.

3. Правила вывода теории, которые составляют основу работы интеллектуального преобразователя по выбору УВ.

Формальная модель управления процессом обучения имеет следующий вид:

$$M_i = \langle L, D, MP, K \rangle, \qquad (2)$$

где L – множество обучаемых с разделением на гомогенные группы; D – множество учебных дисциплин, которое состоит из иерархической структуры учебных элементов с учётом внутрипредметных связей; MP – интеллектуальный преобразователь, формирующий управляющие воздействия с учётом системы межпредметных связей, которые задаются на основе опроса экспертов по поводу целесообразности и степени взаимосвязи; K – цель управления в виде системы формируемых компетенций.

Отношения между рассмотренными множествами имеют вид 16 неориентированных графов, отражающих возможные сочетания между множествами. Каждому из полученных вариантов соответствует определённая ситуация в обучении, определённая содержательная интерпретация. На основе полученной теории разработана система нечётких правил вывода для управления обучением в условиях индивидуализированного обучения. Особенностью реализации является возможность учёта внутри- и межпредметных связей в формировании УВ.

Структура МАС обучения. В предлагаемой постановке задачи для реализации интеллектуального преобразователя в системе управления предложен мультиагентный подход. МАС учебного назначения основывается на моделях агентов-преподавателей учебных дисциплин, моделях агентов-обучаемых, моделях агентов-тьюторов, которые формируют индивидуализированные планы обучения.

Основными функциями, выполняемыми агентами с точки зрения управления обучением, являются следующие:

– *агент-преподаватель учебной дисциплины* формирует по запросу тьютора учебный материал; подбирает из базы учебных материалов соответствующую форму представления учебного материала; генерирует альтернативные последовательности учебных элементов курса на основе внутрипредметных связей, что обеспечивает дидактический принцип последовательности; осуществляет выбор оптимальной стратегии обучения на основе учёта личностных характеристик обучаемого и ресурсных ограничений;

– *агент-обучаемый* участвует в диалоге по формированию целей обучения, входного и текущего психологического тестирования, всех видах контроля; принимает и выполняет УВ;

– *агент-тьютор* на основе информации, полученной от обучаемого, формирует запросы преподавателям; полученные ответы согласовывает с учётом системы межпредметных связей; генерирует индивидуальные траектории обучения; осуществляет выбор оптимальной стратегии формирования системы компетенций. Характеристики агентов приведены в табл. 1.

Таблица 1 – Основные характеристики агентов в СУО

Агент	Среда	Цель функционирования	Входная информация	Выходная информация
агент-преподаватель	модель предметной области, модель обучаемого, методика обучения	выбор предметного материала, генерация альтернативных вариантов изучения монопредметного учебного курса, оптимизация выбора варианта обучения	база знаний предметной области, матрица логических взаимосвязей, индивидуальные характеристики обучаемого	оптимальный вариант изучения учебной дисциплины
агент-обучаемый	УВ, диалоговый интерфейс взаимодействия с агентом-тьютором, электронные средства обучения	овладение системой требуемых компетенций при заданных ограничениях	УВ, тестовые вопросы и задания	результаты тестирования
агент-тьютор	множество моделей обучаемых, множество моделей монопредметных учебных дисциплин, модель системы межпредметных связей, модель системы компетенций	выбор оптимальной стратегии формирования компетенции, управление процессом её формирования	оптимальные варианты изучения монопредметных учебных дисциплин, результаты тестирования обучаемых	оптимальная последовательность УВ, направленная на формирование компетенции у обучаемого
агент-эксперт	базы знаний (БЗ) предметных областей, БЗ дидактики	извлечение и структурирование знаний о предметной области, методике её изучения, логических внутри- и межпредметных взаимосвязях между УЭ, степени их влияния на формирование компетенций	запросы преподавателей, тьютора	пополнение БЗ

Таким образом, модель поведения агента-тьютора по сути является моделью агента, который координирует последовательность осуществления обучающих воздействий со стороны агентов-преподавателей. Составляющая этой модели, связанная с принятием решений на основе учёта преобладания интеллектуальных операций над алгоритмическими, требует использования интеллектуальных средств.

Функциональная структура МАС (рис. 1) показывает последовательность взаимодействий и их субъектов.

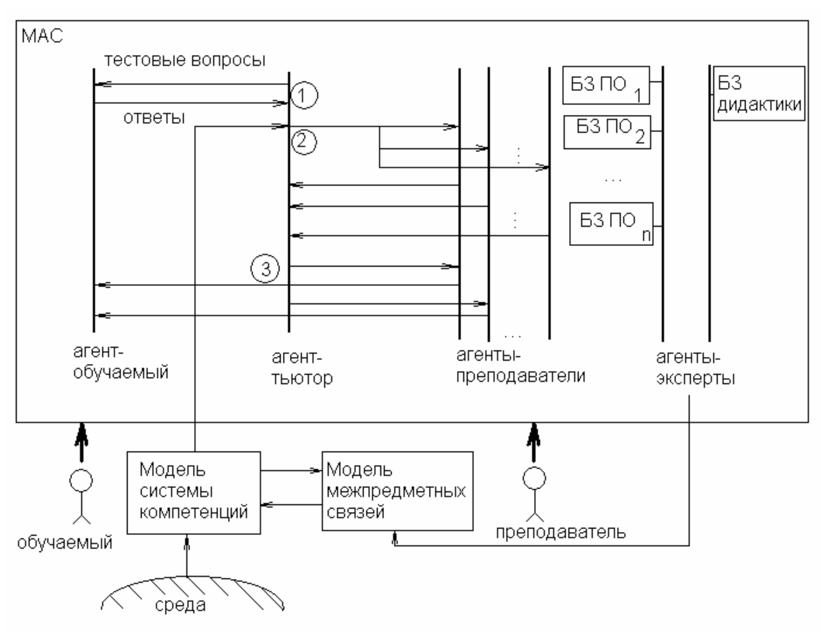


Рисунок 1 – Структурно-функциональная модель взаимодействия агентов в обучении

Основными этапами взаимодействия являются следующие:

1. Взаимодействие между агентом-обучаемым и агентом-тьютором, которое направлено на определение начальных параметров модели обучаемого: психолого-физиологических, уровня усвоения, целей обучения.

2. Взаимодействие между агентом-тьютором и агентами-преподавателями, в результате которого на основе базы нечётких логических правил, выражающих степень влияния межпредметных связей на формирование требуемых компетенций, определяется набор монопредметных учебных дисциплин, целесообразные межпредметные связи между ними.

3. По скоординированным агентом-тьютором запросам, адресованным агентам-преподавателям, они в свою очередь реализуют УВ по отношению к агентам-обучаемым.

Таким образом, предложенная схема позволяет за счёт баланса между централизованной и децентрализованными схемами управления гибко настраивать коллектив агентов-преподавателей, адаптируя под цели обучаемого. Рассмотрим формальное описание основных видов взаимодействий агентов.

Модель взаимодействия агентов. Процесс управления обучением на основе агентного подхода может быть формально задан в виде следующего множества:

$$O = < M_i, M_a^j > , \qquad (3)$$

где M_i – формальная модель основных элементов процесса управления; M_a^j – модель многоагентного блока управления.

$$M_a^j = < M_{ап}, M_{ао}, M_{ат}, M_{аэ} >, \qquad (4)$$

где $M_{ап}$ – модель множества агентов-преподавателей; $M_{ао}$ – модель агента-обучаемого; $M_{ат}$ – модель агента-тьютора, $M_{мэ}$ – модель агента-эксперта.

Взаимодействие между $M_{ао}$ и $M_{ат}$ реализовано на основе слоя Кохонена, входными элементами которого являются результаты входного тестирования, выходным – определение гомогенной группы обучаемых, для которых назначаются единые УВ.

В результате нейронечёткой кластеризации [4], выполненной на основе взаимосвязи между системой межпредметных связей и формируемыми компетенциями, модель агента-тьютора получает информацию о названиях и структурах соответствующих монопредметных учебных дисциплин, подлежащих изучению данной группой обучаемых. Таким образом, для каждой учебной ситуации гибко формируется набор дисциплин с внутрипредметными логическими взаимосвязями. Однако в условиях электронного обучения необходимо определить скоординированное распределение вплоть до уровня УЭ, последовательность их изучения. Для решения данной задачи используется эволюционный подход как способ оптимизации выбора наиболее подходящей дисциплины для изучения в данный квант учебного времени на основе индивидуальных характеристик обучаемого с учётом ограничений по времени. Структурная схема нейросетевого управления координации взаимодействий агентов представлена на рис. 2.

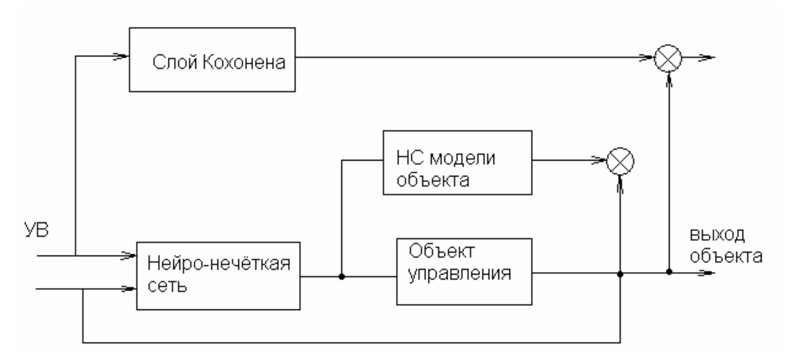


Рисунок 2 – Структурная схема нейросетевого управления координации взаимодействий агентов

Практическая реализация. В качестве инструмента реализации нейросетевых компонент управления взаимодействием агентов были выбраны нейропакеты NeuroPro и Excel Neural Package. Целью практического исследования было определение вектора степеней интеграции между учебными дисциплинами, которые наиболее существенно влияют на формирование компетенций бакалавров специальности 0925 «Автоматизация и компьютерно-интегрированные технологии». Так, например, для формирования компетенции «разработка автоматической системы регулирования технологическими процессами» наиболее значимым оказалось интегрированное изучение высшей математики и теории автоматического управления (оценка значимости составила 0,798433), электротехники и технических средств автоматизации (оценка значимости составила 0,695227). В процессе кластеризации для рассмотренной компетенции было выделено три кластера, интерпретация которых позволяет отнести к формирующим факторам степени взаимосвязи таких дисциплин, как высшая математика, физика и прикладная механика. Полученные данные соответствуют мнению экспертов – разработчиков стандарта на образовательно-квалификационную характеристику [5].

В результате экспериментов по настройке нечётко-нейронной сети с помощью пакета Fuzzy Logic Toolbox системы Matlab было определено рекомендуемое количество циклов обучения (100) для общего количества нейронов во входном слое (25) (для одной темы). В выходном слое – один нейрон. Функция активации для выходного

слоя – линейная, для промежуточных слоёв – гиперболический тангенс. Проведение экспериментов по применению генетического алгоритма на основе использования программы SUGAL показало, что подбор подходящего набора УЭ в среднем достигается за 400 итераций, обеспечивая $\delta f(i) \le 0{,}0021$.

Выводы

Предложенный подход позволяет на основе совокупности централизации и децентрализации управления обучением за счёт выделения групп агентов со специфичными функциями автоматизировать процесс выбора индивидуальных траекторий обучения для гомогенных групп обучаемых. Совместное применение нейросетевых и эволюционных методов управления позволяет за счёт гибкого формирования активных агентов и координации их взаимодействия индивидуализировать процесс обучения. К перспективным направлениям данного исследования, на наш взгляд, следует отнести дальнейшую программную реализацию данного подхода средствами технологии CORBA с генерацией кода на языке описания интерфейсов IDL.

Литература

1. Беспалько В.П. Образование и обучение с участием компьютеров (педагогика третьего тысячелетия) / Беспалько В.П. – М. : МПСИ, 2002. – 352 с.
2. Тарасов В.Б. От многоагентных систем к интеллектуальным организациям: философия, психология, информатика / Тарасов В.Б. – М. : Эдиториал УРСС, 2002. – 352 с.
3. Смальян Р. Теория формальных систем / Смальян Р. – М. : Мир, 1971. – 268 с.
4. Рутковская Д. Нейронные сети, генетические алгоритмы и нечёткие системы / Рутковская Д., Пилиньский М., Рутковский Л. – М. : Горячая линия – Телеком, 2006. – 452 с.
5. Освітньо-кваліфікаційна характеристика бакалавра напряму підготовки 0925 «Автоматизація та комп’ютерно-інтегровані технології». – К. : МОН України, 2004. – 19 с.

Т.Л. Мазурок

Управління взаємодією агентів у системі електронного навчання

У статті розглянуто проблему управління навчанням на основі багатоагентного підходу. Пропонується об’єднання нейромережних та еволюційних засобів реалізації інтелектуального перетворювача в схемі управління навчанням з урахуванням системи міжпредметних зв’язків в умовах компетентністного навчання.

T.L. Mazurok

Interaction of Agents Control in the Electronic Teaching Systems

In the article the problem of control teaching is examined on the basis of multiagent approach. Uniting of neural networks and evolutional facilities of realization of intellectual transformer is offered in the chart of control teaching taking into account the system of interdisciplinary connections in the conditions of the competency teaching.

Статья поступила в редакцию 15.07.2009.